

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Alat uji kadar gula dalam darah tanpa harus mengeluarkan darah dari tubuh manusia pernah dibuat oleh Rose Anak buda dengan judul (*A Portable non-invasive blood glucose*) pada 31 jenuari 1991 di universitas teknologi malaysia, alat ini dibuat untuk menentukan kadar gula dalam darah secara non-invasif dengan cara menggunakan sensor yang dimana sensor yang digunakannya ini masih memiliki tingkatan eror sekitar 4-16% tingkat pembacaan yang mampu dibaca oleh sensor pada alat tersebut, dan metode yang dia pakai untuk membuat alat *glucosa meter non-invasive* ini, masih menggunakan *power suplay* yang dimana alat tersebut belum portable. kemudian.

Alat yang sama juga pernah dibuat oleh Oscar pada tahun 2013 dengan judul (*Overview of the blood glucose measurement technologies*), yang dimana pada alat yang dibuat oleh oscar ini, pada alatnya yaitu mendeteksi kadar gula dalam darah secara non-invasif tapi metode pengambilan data dari alat ini yaitu dengan mengambil cairan lain seperti air liur, keringat, urin, atau air mata yang dimana dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengukur konsentrasi glukosa, sedangkan menurut para ahli, pembacaan kadar gula dalam darah jika diambil pembacaannya melalui urin ataupun dari air liur pembacaannya masih belum dikatakan akurat.

Lalu alat yang sama juga pernah dibuat oleh sekelompok peneliti dari New Jersey yang telah menerapkan teknik *non-invasive* menggunakan spektrum untuk mendeteksi glukosa dalam mata babi, dimana pada alat ini memang menggunakan teknik non-invasif tapi percobaan pada alat ini pertama digunakan kepada hewan, sedangkan kulit manusia dan hewan memiliki ketebalan yang tidak sama, kemudian alat ini menggunakan metode pengambilan datanya melalui mata babi terlebih dahulu baru di mencoba mengambil data ke manusia, tapi ketika pembacaan dimanusianya itu memiliki tingkat eror pembacaannya masih sangat tinggi, kemudian dari peneliti-penelitian diatas,

penulis mencoba bagaimana supaya alat atau penelitian yang penulis buat ini mampu mendeteksi kadar gula dalam darah tanpa harus mengeluarkan darah dari tubuh dengan pembacaan yang sesuai dengan alat pembandingnya, kemudian metode yang sama seperti penelitian terdahulu juga penulis menggunakan sensor, yang dimana panjang gelombang dari sensor tersebut yaitu 1550nm, dengan panjang gelombang tersebut mampu membaca kadar gula dalam darah yang dimana pembacaannya ini memiliki tingkat eror yang cukup kecil yaitu sekitar 5-10 %, dan pengembangan dari alat ini juga mampu menampilkan kadar insulin yang ada dalam tubuh manusia, dengan menggunakan metode perhitungan dari BMI (*Body Mass Indeks*), yang dimana BMI (*Body Mass Indeks*) ini didapat dari perhitungan tinggi badan dan berat badan, dengan adanya data insulin yang dihitung oleh BMI akan sangat mudah digunakan untuk orang penderita diabetes tipe 1.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Diabetes Mellitus

Diabetes mellitus adalah jenis gangguan metabolisme dan dikategorikan sebagai hiperglikemia kronik, yang melibatkan gangguan dari karbohidrat, lemak, dan metabolisme protein. Ini mungkin disebabkan oleh kurangnya sekresi insulin, cacat dalam aksi insulin atau keduanya [3]. Pada tahun 2008, untuk orang dewasa yang berusia di atas 25 tahun, prevalensi global diperkirakan 10%. Persentase terus meningkat tahun ke tahun karena perubahan gaya hidup manusia [4]. Penyebab utama diabetes mellitus masih terungkap, tetapi terkait erat dengan berat badan, jenis kelamin, diet, genetik dan aktivitas fisik [1]. Ada tiga jenis umum dari diabetes mellitus, tipe 1, tipe 2 dan gestational diabetes.

Diabetes tipe 1 tidak hanya terjadi di kalangan anak-anak, remaja dan, orang dewasa tetapi juga pada orang tua. Terjadinya mungkin karena dua penyebab; baik pankreas memproduksi sedikit insulin atau pankreas tidak mampu memproduksi insulin sama sekali. Hal ini terjadi karena sel yang memproduksi insulin di pankreas mungkin telah hancur. Dokter menyebut jenis diabetes *insulin dependent diabetes mellitus* (IDDM) [5].

Diabetes tipe 2 diklasifikasikan sebagai *non-insulin dependent diabetes mellitus* (NIDDM). Bertentangan dengan diabetes tipe 1, pankreas memproduksi insulin yang cukup, tetapi sel-sel resisten terhadap tindakan insulin. Biasanya, orang dewasa berusia lebih dari 40 tahun memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk mendapatkan diabetes tipe 2 [5].

Kelainan diabetes yang biasanya terjadi selama kehamilan juga dikenal sebagai diabetes gestasional. Umumnya, hal itu mempengaruhi ibu hamil sementara dan akan hilang setelah melahirkan. Sebagai bayi tumbuh, hormon dari plasenta akan membantu bayi untuk mengembangkan. Tapi, dalam hal ini hormon memblokir aksi insulin ibu dalam tubuhnya. Jadi, ibu hamil mungkin perlu sampai tiga kali lebih banyak insulin untuk tubuhnya. Situasi ini disebut resistensi insulin. Gestational diabetes dapat meningkatkan risiko masalah kesehatan pada bayi yang belum lahir jika tidak diperlakukan dengan baik. Hal ini dapat dikontrol dengan menggunakan injeksi insulin dan kontrol diet [5].

Deteksi dini diabetes dapat dilihat dari beberapa gejala seperti, rasa haus meningkat, kelaparan konstan, penurunan berat badan yang berlebihan dan kelelahan konstan [6]. Sampai sekarang, masih belum ada obat untuk diabetes. Tapi itu dapat dikontrol dengan mengambil obat dan insulin melalui suntikan. Selain itu, diet sehat dan aktivitas fisik dapat dipraktekkan untuk mempertahankan tingkat glukosa normal dan aman dalam darah

2.2.2 Pengukuran Glukosa

Untuk memastikan bahwa tingkat glukosa selalu dalam kisaran normal, pemantauan terus menerus dari kadar glukosa diperlukan. Pengukuran glukosa darah dikategorikan menjadi tiga teknik; invasif, minimal invasif, dan *non-invasive*[2].

2.1.2.1 Teknik Invasif

Teknik invasif di perangkat pengukuran glukosa banyak digunakan karena memiliki akurasi pengukuran yang tinggi. Teknik invasif yang paling umum digunakan adalah tusukan jari di mana darah diambil dari jari dengan menggunakan lancet (kecil, jarum yang tajam) untuk menarik sampel darah. Sampel darah dijatuhkan pada strip tes dan ditempatkan dalam glucometer akan menampilkan tingkat glukosa darah. Beberapa praktek yang umum memungkinkan ekstraksi darah diperoleh dari situs lain dari tubuh seperti lengan atas, lengan bawah, pangkal ibu jari dan paha. Namun pembacaan kadar glukosa darah mungkin berbeda-beda dibandingkan dengan pembacaan yang diperoleh dari ujung jari [7].

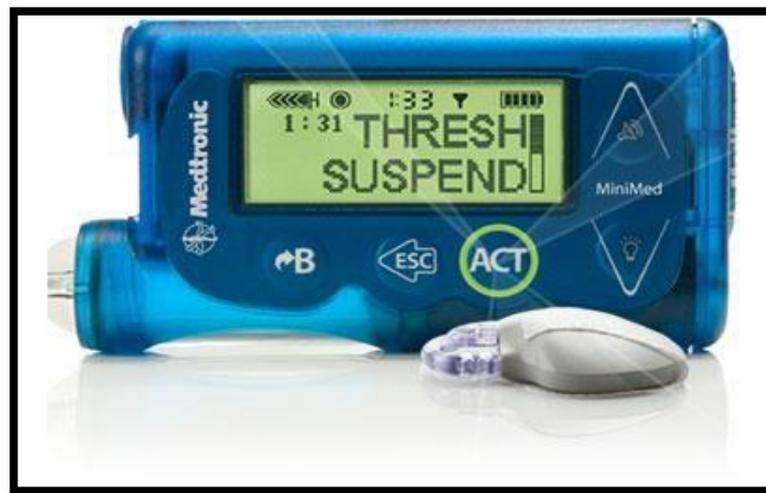
Untuk pemantauan glukosa darah terus menerus, beberapa menusuk jari yang tidak diinginkan seperti yang menyakitkan dan memiliki risiko yang lebih tinggi dari infeksi. Untuk mengurangi rasa sakit dan risiko infeksi, teknik alternatif diperkenalkan, dikenal sebagai pengukuran glukosa darah minimal invasif.

2.1.2.2 Teknik Minimal Invasif

Schichiri (1985) adalah yang pertama untuk memperkenalkan teknik minimal invasif dengan perkembangan subkutan implan jarum-jenis elektroda. Yang digunakan teknik implantasi subkutan mampu menghindari masalah infeksi seperti septikemia, fouling dengan pembekuan darah, dan emboli [8].

Mereka telah merancang sebuah sensor glukosa dengan jarum halus, atau kawat *fleksibel* dan elemen penginderaan aktif diimplementasikan di ujung dan ditanamkan dalam jaringan subkutan. Saat ini, ada berbagai jenis sistem pemantauan glukosa kontinyu yang telah dikomersialkan. Contoh sistem tersebut mungkin menggunakan deteksi elektrokimia atau dan deteksi optik oksidase glukosa untuk mengukur glukosa dalam darah [8].

Baru-baru ini, Medtronic Inc MiniMed telah memperkenalkan sistem pemantauan glukosa terus menerus terbaru, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 yang menggunakan deteksi elektrokimia glukosa dalam darah. Untuk mengukur kadar glukosa dalam cairan jaringan, sensor glukosa dalam bentuk elektroda kecil dimasukkan di bawah kulit dan terhubung ke pemancar [9].



Gambar 2. 1 Continuous glucose monitoring by Medtronic[9]

Pemancar akan mengirimkan sinyal melalui frekuensi radio nirkabel ke perangkat monitoring dan tampilan. Setelah itu, perangkat akan

mendeteksi dan memberitahukan pasien jika kadar glukosa mereka kurang atau lebih dari kisaran normal. Keuntungan dari sistem ini adalah ia mampu terus mengukur kadar glukosa secara *real time* sepanjang hari dan malam.

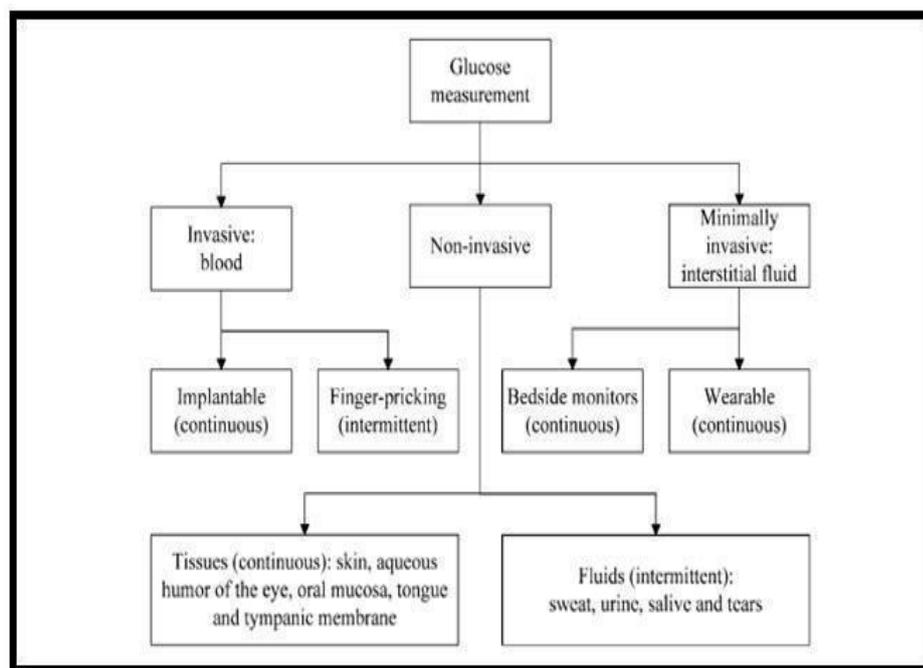
Pendekatan lain menggunakan deteksi elektrokimia diusulkan oleh Jui (2011) dari United National Taiwan University. Aplikasi ini menggunakan sensor elektrokimia yang terdiri dari potensiostat dengan strip tes glukosa dan sistem pengujian otomatis [10]. Pada tahun 2006, Dachao Li (2006) dari Tianjian University of China telah mengusulkan pendekatan baru menggunakan ultrasonik. Mereka telah menggabungkan interstitial ekstraksi transdermal cairan dengan teknik deteksi permukaan resonansi plasma [11]. Kedua Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik yang digunakan dapat mengukur konsentrasi glukosa dalam darah darah secara akurat

Meskipun teknik minimal invasif membantu mengurangi rasa sakit dan risiko infeksi, masih tidak diinginkan untuk beberapa pasien diabetes karena masih melibatkan kontak langsung dengan jaringan. Selain itu, pengukuran yang kadang-kadang tidak akurat karena kebisingan dan artefak dihasilkan dari gerakan pasien dan reaksi antara elektroda dan reaktan lainnya dalam darah [12]

2.1.2.3 Teknik Non-Invasif

Alasan utama untuk upaya mengembangkan penelitian di bidang pengukuran glukosa darah *non-invasive* adalah karena pada bidang inilah

satu-satunya cara untuk mengembangkan sistem pemantauan kadar glukosa tanpa merasakan sakit akan jarum sedikitpun. Alih-alih penggalan darah, cairan lain seperti air liur, keringat, urin, atau air mata dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengukur konsentrasi glukosa. Selain itu, kadar glukosa juga dapat diukur melalui pengukuran langsung dari jaringan tubuh seperti, kulit, lidah, humor berair mata dan mukosa mulut. Seperti yg ditunjukkan pada Gambar 2.2 pameran teknologi yang telah digunakan dalam pengukuran glukosa darah [13].



Gambar 2. 2 Overview of the blood glucose measurement technologies[13].

Penelitian terbaru mengenai pengukuran tingkat glukosa dalam keringat dilakukan oleh Oscar (2013). Pendekatan ini menggunakan teknologi hidung elektronik dan dilaksanakan oksida semikonduktor 32

logam (MOS) sensor, yang beroperasi pada temperatur yang berbeda untuk mendeteksi tingkat glukosa dalam keringat [14]. Kelompok lain penelitian dari New Jersey telah menerapkan teknik *non-invasive* menggunakan spektrum Raman untuk mendeteksi glukosa dalam mata babi [15]. Solusi glukosa disuntikkan ke mata babi dan konsentrasi dikontrol. Setelah itu, spektrum Raman diukur menggunakan sistem spektroskopi kompak dengan panjang gelombang eksitasi laser di 785nm. Dari hasil, kedua pendekatan terbukti memiliki viabilitas yang tinggi dalam deteksi glukosa [15] [14].

Selain itu, teknologi *non-invasive* telah dikembangkan dengan menggunakan berbagai jenis metode seperti spektroskopi, spektroskopi fotoakustik, polarimetry, fluoresensi dan spektroskopi dielektrik. Di antara metode ini, absorbansi adalah yang paling umum digunakan sebagai kehendak cahaya mencerminkan, beraikan dan mengirimkan ketika yang difokuskan pada jaringan biologis yang tergantung pada struktur dan komposisi kimia dari sampel [13].

2.1.3 Absorbansi Spektroskopi

Metode serapan spektroskopi umum telah banyak digunakan menggunakan *near infrared* (NIR) dan pertengahan inframerah (MID), berikut ini adalah penjelasan tentang infra merah.

2.1.3.1 Near Infrared

Panjang gelombang inframerah dekat adalah di kisaran 750 nm-2500 nm [12]. Dalam rentang ini, ia mampu menembus sekitar 1 mm-100 mm

jauh ke dalam jaringan. Fokus utama dari teknik ini adalah untuk mengukur kadar glukosa di jari, kulit lengan, cuping telinga, bibir mukosa, bibir mulut, pipi dan lengan. Inframerah dekat memiliki karakteristik yang berbeda untuk wilayah yang berbeda dari panjang gelombang seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Karakteristik untuk wilayah panjang gelombang yang berbeda [2]

Panjang Gelombang	Karakteristik
700 nm-1300 nm	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Memiliki perintah yang lebih tinggi dari daerah glukosa ❖ Memiliki sedikit penyerapan glukosa ❖ Punya rendah penyerapan cahaya oleh air
1500 nm-2500 nm	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Punya penyerapan glukosa tertinggi ❖ Tidak dapat dipengaruhi oleh rendaman air yang berlebihan ❖ Memiliki relatif minimum dalam spektrum penyerapan air.

Dengan menggunakan metode Monte Carlo, Katsuhiko .(2003) telah mengembangkan sistem *non-invasivemenggunakan inframerah dekat* [16]. Untuk mendeteksi kadar glukosa, mereka telah mengembangkan probe serat

optik yang terdiri dari sumber dan serat optik detektor. Kedua sumber dan detektor dipisahkan oleh 0,65 mm, ditempatkan pada permukaan kulit.

Mereka melaporkan bahwa koefisien korelasi glukosa darah diprediksi oleh dekat inframerah dan jari tusuk adalah 0,928 dengan standar *error* prediksi 32,2 mg / dL [16]. Penelitian lain berdasarkan inframerah dekat yang telah dilakukan oleh Ilan Gabriely, MD .(1999) [17] Mereka menggunakan transkutan dekat sistem spektroskopi inframerah untuk memantau kadar glukosa darah selama Hasil membuktikan bahwa inframerah dapat digunakan untuk memprediksi kadar glukosa pada manusia [17].

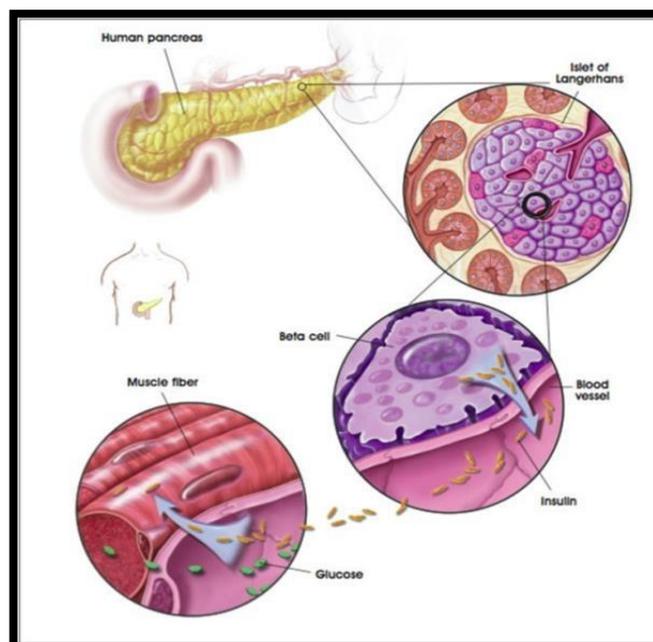
2.1.3.2 Infrared (R. Derrick, Stulik, & Landry, 1999)

Infrared adalah sebuah gelombang elektromagnetik dengan *range* panjang gelombang gelombang antara 750nm sampai 10000nm Gelombang sinar *infrared* dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu *near infrared*, *mid infrared*, dan *far infrared*. *Near infrared (NIR)* merupakan kelompok inframerah dengan panjang gelombang 750-2500nm. Kelompok inframerah ini biasanya digunakan untuk melakukan pengukuran – pengukuran karena *NIR* mampu menembus jaringan dengan tebal 1mm –100mm termasuk didalamnya dapat menembus tulang. *Mid Infrared (MIR)* memiliki panjang gelombang antara 2500- 5000nm. Pada kelompok inframerah ini sering digunakan untuk keperluan kimiawi. Hal tersebut dikarenakan *MIR* sangat mudah terserap oleh molekul. *Far Infrared (FIR)* adalah inframerah yang

spektrumnya paling dekat dengan gelombang mikro yaitu antara 5000 - 10000nm. *FIR* sangat sensitif terhadap getaran molekul – molekul. Sehingga *FIR* biasanya digunakan untuk identifikasi material yang tidak dapat dilakukan dengan *MIR*. *FIR* digunakan juga untuk melakukan identifikasi warna [19].

2.1.4 Insulin

Islet Langerhans merupakan wilayah sel-sel khusus di pankreas yang memproduksi insulin dalam tubuh manusia. Fungsi utama insulin adalah untuk memfasilitasi glukosa memasuki sel-sel [6]. Glukosa merupakan produk pencernaan dan diperlukan oleh sel tubuh untuk menghasilkan energi. Namun, tanpa insulin, glukosa tidak bisa masuk ke dalam sel. Sebagai mana yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 yang menjelaskan produksi insulin di pankreas manusia.



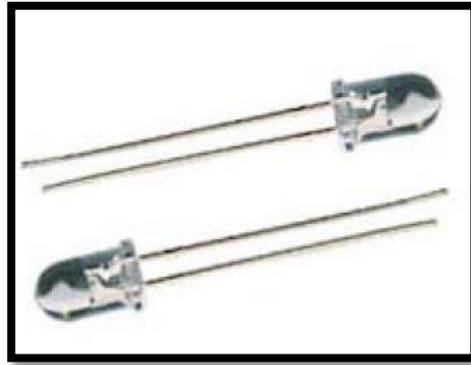
Gambar 2. 3 Produksi insulin di pankreas manusia [22].

Dalam perut, pankreas dipandang berdekatan dengan duodenum. Dimana ditunjukkan pada Gambar 2.3 menunjukkan penampang dari pankreas yang menampilkan pulau Langerhans yang merupakan unit fungsional pankreas endokrin. Sel beta dalam fungsi gambar untuk mensintesis dan mengeluarkan insulin yang terletak berdekatan dengan pembuluh darah. Sel Beta akan menyesuaikan produksi insulin jika ada perubahan glukosa darah [22]. Ada empat jenis insulin; akting yang cepat, teratur, *intermediet*, dan *insulin long acting* [23]. Setiap insulin memiliki karakteristik yang berbeda dalam onset aksi mereka (ketika efek pemberian obat pertama), durasi kerja (berapa lama obat tetap dalam tubuh) dan puncak (ketika medis memberikan efek maksimum).

2.1.5 Deteksi *Finger Sensor*

Near Infrared NIR rangkaian deteksi terdiri dari beberapa komponen utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5. dengan kedua pemancar dan penerima diposisikan berdampingan dan menunjuk ke sebuah permukaan reflektif. baik pemancar dan penerima beroperasi tegangan 5V dan didukung oleh mikrokontroler Arduino [27]. Pemancar (LED1550E), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 adalah LED NIR yang memancarkan cahaya inframerah dengan output spektral antara 1400 nm-1700 nm berpusat pada 1550 nm. Dimana pada inframerah tersebut terdiri dari *heterostructures* yang ditanam di *Gallium arsenat phosphide* (InGaAsP) substrat Indium yang dikemas dalam 5 mm (diameter) *hemispherical casing epoxy* (suatu bahan kimia yang merupakan salah satu

jenis resin yang diperoleh dari proses polimerisasi dari epoksida).
Maksimum tegangan *output* dari NIR adalah 5V [27].



Gambar 2. 4 Transmitter (LED)[28]



Gambar 2. 5 Photodiode [29].

2.1.6 Arduino (Atmega 328p)

Arduino adalah sebuah papan microcontroller 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan *Atmel* Corporation. Arduino Uno SMD (Surface Mount Device) R3 seperti pada gambar 2.6 dibawah adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328 yang memiliki 14 pin input / output digital (yang 6 dapat digunakan sebagai output

Pulse-width modulation (PWM)), 6 input analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB (*Universal Serial Bus*), colokan listrik, header ICSP (*In Circuit Serial Programming*), dan tombol reset [20].



Gambar 2. 6 arduino uno

Dari gambar 2.6 diatas adalah gambar arduino uno yang dimana memiliki spesifikasi sebagai berikut, Berikut ini adalah spesifikasi dari arduino atau atmega 328p yang dimana ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 spesifikasi dari arduino uno smd R3

Mikrokontroler	<u>ATmega328P</u>
Tegangan Operasi	5V
Tegangan <i>Input</i> (disarankan)	7-12V
Tegangan <i>Input</i> (batas)	6-20V
	Lanjut

	Lanjut
Mikrokontroler	<u>ATmega328P</u>
Pin Digital I / O	14 (dimana 6 memberikan <i>output</i> PWM)
PWM Digital I / O Pins	6
Pin <i>input</i> analog	6
Arus DC per I / O Pin	20 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori flash	32 KB (ATmega328P) dimana 0.5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega328P)
Mikrokontroler	<u>ATmega328P</u>
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Kecepatan jam	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjangnya	68,6 mm

2.1.7 Teknik Pengambilan Data

2.1.7.1 Rata-Rata

Rata-rata adalah bilangan yang didapat dari hasil pembagian dari jumlah data yang diambil atau diukur dengan banyaknya pengambilan data atau banyaknya pengukuran Rumus rata-rata adalah:

$$\text{Rata-rata } \left(\bar{X} \right) = \sum \frac{Xn}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

X = Rata-rata

$\sum Xn$ = Jumlah nilai data

n = Bayaknya data (1,2,3,...n).

2.1.7.2 Simpangan (Error)

Simpangan adalah selisih dari rata-rata nilai harga yang dikehendaki dengan nilai yang diukur Rumus simpangan adalah :

$$\text{Simpangan} = Xn - \bar{X} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

Xn = Nilai yang diukur

\bar{X} = Nilai yang dikehendaki

2.1.7.3 Error %

Persen error adalah nilai persen dari simpangan (error) terhadap nilai yang dikehendaki rumus % error adalah :

$$\% \text{Error} = \frac{Xn - (\bar{X})}{Xn} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

Xn = rata-rata data kalibrator

\bar{X} = rata-rata modul

